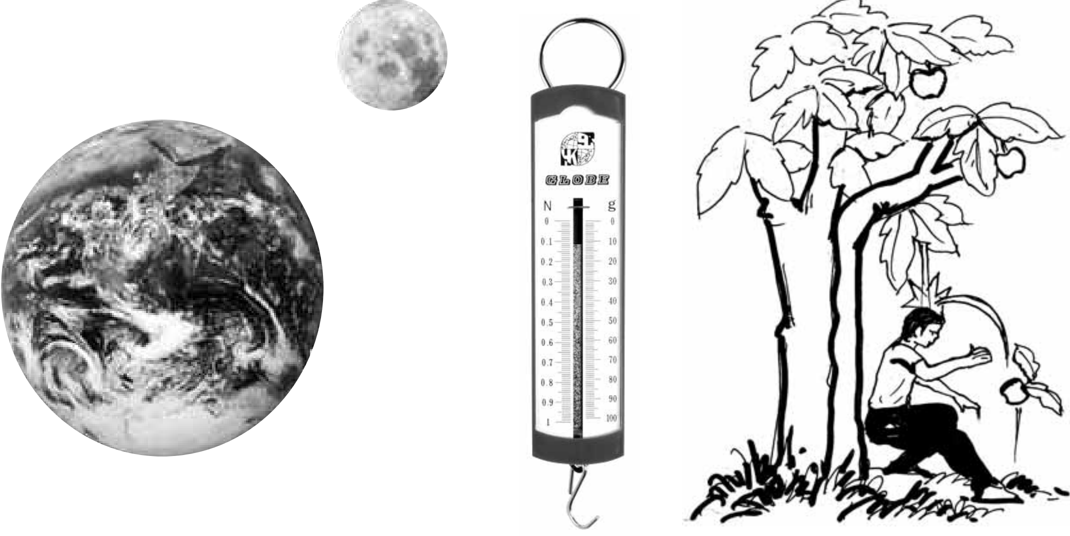
সপ্তম অধ্যায়

পৃথিবী ও মহাকর্ষ

এই মহাবিশ্বের প্রতিটি e¯‘ ci¯úi‡K ci¯ú‡ii দিকে আকর্ষণ করে। এই আকর্ষণ বলকে বলা হয় মহাকর্ষ। এই আকর্ষণ বল কি সকল ক্ষেত্রে সমান? না কোথাও কম, কোথাও বেশি। কিসের উপর এই বলের মান নির্ভর করে ? পৃথিবীর আকর্ষণের ফলে পড়ন্ত e¯‘i যে ত্বরণ হয় তার মান কত, এই মান কেন পরিবর্তিত হয় ? এই অধ্যায়ে আমরা মহাকর্ষ, অভিকর্ষ, অভিকর্ষজ ত্বরণ, ভর ও ওজন নিয়ে আলোচনা করব।



এই অধ্যায়ে পাঠ শেষে আমরা–

- □ ● মহাকর্ষ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- □ ● মহাকর্ষ ও অভিকর্ষের পার্থক্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
- □ ● অভিকর্ষজ ত্বরণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- □ ● ভর ও ওজনের পার্থক্য করতে পারব।
- □ ● অভিকর্ষজ ত্বরণের প্রভাবে বস্তুর ওজনের পরিবর্তন বিশ্লেষণ করতে পারব।

পাঠ ১ : মহাকর্ষ

আমরা লাফ দিয়ে উপরের দিকে উঠতে চাইলে বেশি `i উঠতে পারি না। আবার f-c‡ô ফিরে আসি। গাছের ফল মাটিতে পড়ে। ক্রিকেট বলকে উপর দিকে ছুড়ে দিলে মাটিতে পড়ে। এর কারণ কী? কারণ পৃথিবী আমাদের তার নিজের দিকে টানে বা আকর্ষণ করে। শুধু পৃথিবী কেন, সবকিছুই আমাদের আকর্ষণ করে। আসলে এ মহাবিশ্বের প্রত্যেকটি e¯‘কণা একে অপরকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। এই আকর্ষণ বলকে মহাকর্ষ বলে।

তোমরা নিশ্চয়ই নিউটন ও আপেল মাটিতে পড়ার কাহিনী শুনে থাকবে। কথিত আছে, নিউটন একদিন বাগানে বসে চিন্তা করছিলেন। এমন সময় তিনি গাছ থেকে একটি আপেল মাটিতে পড়তে দেখেন। তাঁর মনে প্রশ্ন জাগে, আপেলটি মাটিতে পড়ল কেন? নিশ্চয়ই কেউ একে মাটির দিকে টানছে। চিন্তা-ভাবনা শেষে তিনি এ সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, পৃথিবী সকল e¯‘‡K তার নিজের দিকে টানে। পরে তিনি আরও সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, শুধু পৃথিবী নয়, এ মহাবিশ্বের সকল e¯‘KYvB একে অপরকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। এ বিশ্বের যে কোনো দুটি e¯‘i মধ্যে যে আকর্ষণ তাকে মহাকর্ষ বলে।

নিউটনের মহাকর্ষ m~Î ও মহাকর্ষ বল

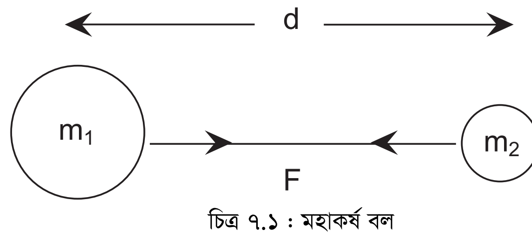
দুটি e¯‘KYvi মধ্যকার এ আকর্ষণ বলের মান শুধু e¯‘Ø‡qi ভর এবং এদের মধ্যকার `i‡Zi উপর নির্ভর করে। এদের আকৃতি, প্রকৃতি কিংবা মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না। e¯‘Ø‡qi ভর বেশি হলে, আকর্ষণ বলও বেশি হয় আর তাদের মধ্যে `iZ বেশি হলে বল কম হয়। এ আকর্ষণ m¤ú‡K নিউটনের একটি m~Î আছে যা নিউটনের মহাকর্ষ m~Î নামে পরিচিত।

m~ÎwU **হলো :** মহাবিশ্বের প্রতিটি e¯‘KYv একে অপরকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে এবং এ আকর্ষণ বলের মান e¯‘KYvØ‡qi ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং এদের `i‡Zi বর্গের e¨¯ÍvbycvwZK এবং এ বল e¯‘KYvØ‡qi সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।

ধরা যাক, m_1 এবং m_2 ভরের দুটি e¯‘ ci¯úi থেকে d `i‡Z Aew¯’Z (চিত্র ৭.১)। এদের মধ্যকার আকর্ষণ বল F হলে, মহাকর্ষ m~Îvbymv‡i,

$$F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$$

এখানে এ একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে বিশ্বজনীন মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে। এর অর্থ n‡"Q এক কিলোগ্রাম ভরের দুটি e¯‘ এক মিটার `i‡Z ¯’vcb করলে এরা ci¯úi‡K যে বলে আকর্ষণ করে তা G এর সমান।



চিত্র ৭.১ : মহাকর্ষ বল

মহাকর্ষ m~Îvbymv‡i আমরা দেখতে পাই, নির্দিষ্ট `i‡Z Aew¯’Z `ywU e¯‘i ভরের গুণফল দ্বিগুণ হলে বল দ্বিগুণ হবে, ভরের গুণফল তিনগুণ হলে বল তিনগুণ হবে। আর নির্দিষ্ট ভরের দুটি e¯‘i `iZ¡ দ্বিগুণ করলে বল এক-চতুর্থাংশ হবে, `iZ তিনগুণ করলে বল নয় ভাগের এক ভাগ হবে। মহাকর্ষ বলের প্রভাবে পৃথিবী m~‡hi চারদিকে ঘুরে। এবার বল, অন্য সকল গ্রহ m~‡hi চারদিকে ঘুরে কেন?

পাঠ ২ ও ৩ : অভিকর্ষ ও অভিকর্ষজ ত্বরণ

অভিকর্ষ : আমরা ইতোমধ্যে দেখেছি যে এ মহাবিশ্বের প্রত্যেকটি e¯‘KYvB একে অপরকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। এ মহাবিশ্বের যে কোনো দুটি e¯‘i মধ্যে যে আকর্ষণ তাই মহাকর্ষ। দুটি e¯‘i একটি যদি পৃথিবী হয় এবং পৃথিবী যদি বস্তুটিকে আকর্ষণ করে তবে তাকে মাধ্যাকর্ষণ বা অভিকর্ষ বলে। অর্থাৎ কোনো e¯‘i উপর পৃথিবীর আকর্ষণই অভিকর্ষ। গাছের ফল মাটিতে পড়ে। ক্রিকেট বলকে উপর দিকে ছুড়ে দিলে মাটিতে পড়ে। এখানে পৃথিবী যেমন ফল বা ক্রিকেট বলকে আকর্ষণ করে তেমনি এরাও পৃথিবীকে আকর্ষণ করে। পৃথিবী অনেক বড় এবং এর আকর্ষণ বল অনেক বেশি হওয়ায় ফল ও ক্রিকেট বল মাটিতে পড়ে। পৃথিবী এবং অন্য যে কোনো e¯‘i মধ্যে যে আকর্ষণ তাকে অভিকর্ষ বলে। mh ও চন্দ্রের মধ্যে যে আকর্ষণ তা মহাকর্ষ, কিন্তু পৃথিবী এবং তোমার বিজ্ঞান বই–এর মধ্যে যে আকর্ষণ তা অভিকর্ষ।

অভিকর্ষজ ত্বরণ : আমরা জানি বল প্রযুক্ত হলে কোনো e¯‘i বেগ বৃদ্ধি পায়। প্রতি সেকেন্ডে যে বেগ বৃদ্ধি পায় তাকে ত্বরণ বলে। অভিকর্ষ বলের প্রভাবেও ব¯‘র ত্বরণ হয়। এ ত্বরণকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বা মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণ বলা হয়। যেহেতু বেগ বৃদ্ধির হারকে ত্বরণ বলে, সুতরাং অভিকর্ষ বলের প্রভাবে fc‡ô মুক্তভাবে পড়ন্ত কোনো ব¯‘র বেগ বৃদ্ধির হারকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বলে।

অভিকর্ষজ ত্বরণকে g দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেহেতু অভিকর্ষজ ত্বরণ এক প্রকার ত্বরণ, সুতরাং এর একক হবে ত্বরণের একক অর্থাৎ মিটার/সেকেন্ড২।

ধরা যাক, M = পৃথিবীর ভর, m=f-c‡ô বা এর নিকটে অবস্থিত কোনো ব¯‘র ভর, d=ব¯‘ ও পৃথিবীর কেন্দ্রের মধ্যবর্তী `iZ| তাহলে মহাকর্ষ mÎvbmv‡i, অভিকর্ষ বল, $F = G\frac{Mm}{d^2}$

আবার বলের পরিমাপ থেকে আমরা পাই, অভিকর্ষ বল = ভর x অভিকর্ষজ ত্বরণ

অর্থাৎ F=mg

উপরিউক্ত দুই সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়,

$$mg = \frac{GMm}{d^2}$$

বা, $g = \frac{GM}{d^2}$

এ সমীকরণের ডান পাশে ব¯‘র ভর m অনুপস্থিত। সুতরাং অভিকর্ষজ ত্বরণ ব¯‘র ভরের উপর নির্ভর করে না। যেহেতু G এবং পৃথিবীর ভর M ধ্রুবক, তাই g-এর মান পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে ব¯‘র `iZ d-এর উপর নির্ভর করে। সুতরাং g-এর মান ব¯‘ নিরপেক্ষ হলেও স্থান নিরপেক্ষ নয়। এর অর্থ হলো g-এর মান বিভিন্ন AÂ‡j বিভিন্ন রকম হয়।

অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন : পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে f-c‡ôi `iZ অর্থাৎ পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R হলে fc‡ô $g = \frac{GM}{R^2}$

যেহেতু পৃথিবী m¤úY গোলাকার নয়, মেরু AÂ‡j একটুখানি চাপা, তাই পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R ও ধ্রুবক নয়। সুতরাং f-c‡ôi সর্বত্র g-এর মান সমান নয়। মেরু AÂ‡j পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R সবচেয়ে কম বলে সেখানে g-এর মান সবচেয়ে বেশি। মেরু AÂ‡j g-এর মান ৯.৮৩২ মিটার/সেকেন্ড^{২}। মেরু থেকে বিষুব AÂ‡ji দিকে R এর মান বাড়তে থাকায় g-এর মান কমতে থাকে। বিষুব AÂ‡j R এর মান সবচেয়ে বেশি বলে g-এর মান সবচেয়ে কম। ৯.৭৮ মিটার/সেকেন্ড^{২}। ক্রান্তীয় AÂ‡j g-এর মান ৯.৮০৬৬৫ মিটার/সেকেন্ড^{২}। হিসাবের সুবিধার জন্য g-এর আদর্শ মান ধরা হয় ৯.৮ মিটার/সেকেন্ড^{২} বা ৯.৮১ মিটার/সেকেন্ড^{২}। f-c‡ô g- এর মান ৯.৮ মিটার/সেকেন্ড^{২}। এর অর্থ n‡"Q f-c‡ô মুক্তভাবে পড়ন্ত কোনো ব¯‘র বেগ প্রতি সেকেন্ডে ৯.৮ মিটার/সেকেন্ড বৃদ্ধি পায়।

কোনো ব¯‘কে উপর থেকে ছেড়ে দিলে অভিকর্ষ বলের প্রভাবে f‚wg‡Z পৌঁছায়। একই D"PZv থেকে একই সময় এক টুকরা পাথর ও এক টুকরা কাগজ ছেড়ে দিলে এগুলো একই সময়ে f-c‡ô পৌঁছাবে কি? যেহেতু ব¯‘র উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষজ ত্বরণ ব¯‘র ভরের উপর নির্ভর করে না, তাই পাথর ও কাগজের উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষজ ত্বরণ একই। সুতরাং তাদের একই সময়ে মাটিতে পৌঁছানো উচিত। কিন্তু ev¯Í‡e পাথরটি কাগজের আগেই মাটিতে পৌঁছায়। বাতাসের বাধার কারণে এরূপ হয়। বাতাসের বাধা না থাকলে এগুলো অবশ্যই একই সময়ে মাটিতে পৌঁছাত।

পাঠ ৪ : ভর ও ওজন

যখন আমরা বলি কবিরের ওজন ৯০ কিলোগ্রাম (কেজি) তখন আমরা আসলে বুঝাই যে, কবিরের দেহের ভর ৯০ কিলোগ্রাম (কেজি)। আমরা যখন ৫০ কেজি চাউলের e¯Ív কিনি তখন আমরা আসলে ঐ e¯Ívi চাউলের ভর ৫০ কেজি বুঝি; কিন্তু e¯Ívi চাউলের ওজন বুঝাই না।

পদার্থবিজ্ঞানে ভর ও ওজন m¤úY পৃথক দুটি রাশি। দৈনন্দিন জীবনে আমরা ওজন কথাটাকে অপব্যবহার করি যা একে ভুল অর্থে বুঝাই। আসলে আমরা কোনো ব¯‘র ভরকে ঐ ব¯‘র ওজন বলে থাকি। তবে ভর ও ওজনের পার্থক্য কী ?

ভর : প্রত্যেক ব¯‘ পদার্থ দ্বারা গঠিত। ভর হলো কোনো ব¯‘তে পদার্থের পরিমাণ। ব¯‘র এই ধর্ম এর অবস্থান, আকৃতি ও গতি পরিবর্তনের জন্য পরিবর্তিত হয় না। যে পরমাণু ও অণু দিয়ে ব¯‘টি গঠিত তার সংখ্যা ও সংযুক্তির উপর ব¯‘টির ভর নির্ভর করে। ভরের আন্তর্জাতিক একক হলো কিলোগ্রাম বা কেজি (kg)। বেশি ভরকে (যেমন এক ট্রাক চাউল) মেট্রিক টনে মাপা হয়। এক টন ১০০০ কিলোগ্রামের সমান। অল্প ভরকে মাপা হয় গ্রামে। যেমন কোনো পেনসিলের ওজন ৫ গ্রাম (g)। ১০০০ গ্রামে ১ কেজি।

ওজন : আমরা জানি যে, কোনো ব¯‘কে উপরের দিকে ছুড়ে দিলে f‚wg‡Z ফিরে আসে। এটা ঘটে ব¯‘র ওজনের জন্য যা একে পৃথিবীর দিকে টানে। পৃথিবীর অভিকর্ষ বলের টানেই এটা ফিরে আসে।

কোনো ব¯‘কে পৃথিবী যে বল দ্বারা তার কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে তাকে ব¯‘র ওজন বলে। কোনো ব¯‘র ভর m এবং পৃথিবীর কোনো স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ g হলে ঐ স্থানে ব¯‘র ওজন w হবে।

$$W = mg$$

যেহেতু ওজন একটি বল, সুতরাং এটি একটি ভেক্টর রাশি। এর দিক পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে।

ওজনের একক হলো বলের একক অর্থাৎ নিউটন। পৃথিবী পৃষ্ঠে ১০ কেজি ভরের ব¯‘র ওজন হবে,

W =১০x ৯.৮ নিউটন = ৯৮ নিউটন

স্প্রিং নিক্তির সাহায্যে কোনো ব¯‘র ওজন পরিমাপ করা হয়।

পাঠ ৫ : ভর ও ওজনের m¤úK

প্রত্যেক ব¯‘ পদার্থ দ্বারা গঠিত। ব¯‘র মধ্যে পদার্থের পরিমাণই n‡"Q এর ভর। ভর কিলোগ্রাম (kg) এককে নিক্তি দ্বারা পরিমাপ করা হয়। ভর n‡"Q একটি ভৌত রাশি যা f-c‡ô বা f-c‡ôi উপরে ব¯‘র অবস্থানের পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয় না। ৭৫ কেজি ভরের একজন gnvkb¨Pvixi ভর চাঁদে কিংবা পৃথিবীর বা চাঁদের কক্ষপথেও ৭৫ কেজিই থাকবে। মহাkb¨চারী কতটুকু পদার্থ দিয়ে তৈরি স্থান পরিবর্তনে তার কোনো পরিবর্তন n‡"Q না বলে তার ভর সর্বত্র অপরিবর্তিত থাকে।

যেহেতু e¯Íi ভর একটি ধ্রুব রাশি, সুতরাং ব¯‘র ওজন অভিকর্ষজ ত্বরণ g এর উপর নির্ভর করে। যেসব কারণে অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন ঘটে সেসব কারণে ব¯‘র ওজনও পরিবর্তিত হয়। f-cô থেকে যত উপরে উঠা যায় ব¯‘র ওজন তত কমতে থাকে। ব¯‘র ওজন ব¯‘র মৌলিক ধর্ম নয়। কোনো ব¯‘র ওজন থাকতেও পারে আবার নাও থাকতে পারে। পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণ শূন্য, তাই সেখানে ব¯‘র ওজনও শূন্য। একদম মহাশূন্যে কোনো ব¯‘র ওজন kb¨ হতে পারে যেখানে ব¯‘র উপর কোনো মহাকর্ষ বল নেই। চাঁদের মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণের মান প্রায় পৃথিবীর $\frac{১}{৬}$ ভাগ। সুতরাং চাঁদে ১ কেজি ভরের ব¯‘র ওজন হবে কেবলমাত্র ১.৬ নিউটন (N)।

কোনো ব¯‘র ওজন পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে তার `i‡Zi উপর নির্ভর করে। যদি `iZ বাড়ানো হয় তাহলে তার উপর পৃথিবীর আকর্ষণ কমে যায়, ফলে ব¯‘র ওজন হ্রাস পায়। f-c‡ô ১ কেজি ভরের কোনো ব¯‘র ওজন ৯.৮ নিউটন হলেও পৃথিবী থেকে `iZ বাড়ার সাথে সাথে ব¯‘র ওজন কমতে থাকে।

পৃথিবীর পৃষ্ঠেও কোনো ব¯‘র ওজনের অতি সামান্য তারতম্য ঘটে। এর একটি কারণ n‡"Q cথিবী সুষম গোলক নয় এবং f-c‡ôi সর্বত্র অভিকর্ষজ ত্বরণের মানও এক নয়। অবশ্য এ পার্থক্য এত ক্ষুদ্র যে কেবল সুবেদী ওজন মাপক যন্ত্রের সাহায্যেই তা পরিমাপ করা যাবে। অধিকাংশ হিসাব নিকাশের সময় আমরা এ পার্থক্য উপেক্ষা করি। ১ কেজি ভরের কোনো ব¯‘র ওজন সবচেয়ে বেশি হবে পৃথিবীর দুই মেরুতে অর্থাৎ উত্তর মেরু ও দক্ষিণ মেরুতে। যেখানে এর ওজন হবে ৯.৮৩ নিউটন। বিষুবীয় AÂ‡j এর ওজন সবচেয়ে কম হবে ৯.৭৮ নিউটন। ক্রান্তীয় অঞ্চলের ওজন হবে ৯.৭৯ নিউটন।

যেহেতু বস্তুর ভর বেশি হলে তার ওজনও বেশি হয়, ওজন ভরের সমানুপাতিক। সুতরাং যে সকল যন্ত্র দিয়ে ওজন মাপা যায় সেগুলো দিয়ে ভরও মাপা যায়। স্প্রিং নিক্তি অনেক সময় কিলোগ্রাম এককে দাগাঙ্কিত থাকে। যেহেতু নিক্তি এবং ওজন মাপক যন্ত্রগুলো এমনভাবে দাগাঙ্কিত থাকে যে, অনেক সময় আমরা ভর ও ওজন উভয়ের জন্যই কিলোগ্রাম একক ব্যবহার করে থাকি। এটি অবশ্যই ভুল। ওজন এক প্রকার বল এবং বৈজ্ঞানিক হিসাব-নিকাশের সময় তা অবশ্যই নিউটন এককে পরিমাপ করতে হবে। যখন আমরা ১ কেজি লিখিত একটি চাউলের প্যাকেট বা একটি দুধের টিন কিনি–তখন বুঝি ঐ প্যাকেটের চাউলের বা টিনের দুধের ভর ১ কেজি কিন্তু ওজন ১ কেজি নয়, পৃথিবীতে এগুলোর ওজন হবে ৯.৮ নিউটন। চাউলের প্যাকেটের ওজন গ্রহ থেকে গ্রহান্তরে বা চাঁদে ভিন্ন হবে যদিও ভরের কোনো পরিবর্তন হবে না।

পাঠ ৬ : পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ ও বস্তুর ওজন

ব¯‘র ওজন অভিকর্ষজ ত্বরণ g এর উপর নির্ভরশীল। সুতরাং যে সকল কারণে অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন ঘটে সে সকল কারণে ব¯‘র ওজনও পরিবর্তিত হয়। ব¯‘র ওজন ব¯‘র মৌলিক ধর্ম নয়। স্থানভেদে ব¯‘র ওজনের পরিবর্তন হয়। যে সকল কারণে ওজনের পরিবর্তন হয় নিচে তা বর্ণনা করা হলো।

(ক) f-c‡ôi **বিভিন্ন স্থানে :** পৃথিবীর আকৃতি ও আহ্নিক গতির জন্য বিভিন্ন স্থানে ব¯‘র ওজন বিভিন্ন হয়।

(১) পৃথিবীর আকৃতির জন্য : পৃথিবী সুষম গোলক না হওয়ায় পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে fc‡ôi সকল স্থান mg`‡i নয়। যেহেতু g এর মান পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে `i‡Zi উপর নির্ভর করে, তাই পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে g এর মানের পরিবর্তন হয়। বিষুবীয় AÂ‡j পৃথিবীর ব্যাসার্ধ সবচেয়ে বেশি হওয়ায় g এর মান সবচেয়ে কম (৯.৭৮ মিটার/সেকেন্ড^{২})। সুতরাং বিষুবীয় AÂ‡j কোনো ব¯‘র ওজন সবচেয়ে কম হয়। বিষুবীয় AÂj থেকে মেরু AÂ‡ji দিকে যত যাওয়া যায়, ব্যাসার্ধ তত কমতে থাকে এবং g এর মান বাড়তে থাকে (৯.৮৩ মিটার/সেকেন্ড^{২}) । এর ফলে ব¯‘র ওজনও বাড়তে থাকে। ‡gi AÂ‡j cé_exi ব্যাসার্ধ সবচেয়ে কম হওয়ায় g এর মান মেরু AÂ‡j সবচেয়ে বেশি। ফলে ওজনও সবচেয়ে বেশি হয়।

(২) পৃথিবীর আহ্নিক গতির জন্য : পৃথিবীর আহ্নিক গতির জন্য অভিকর্ষজ ত্বরণ বিষুবীয় AÂj থেকে মেরু AÂ‡ji দিকে ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। এর ফলে ব¯‘র ওজনও বৃদ্ধি পায়।

(খ) fcô **থেকে** D"PZi **কোনো স্থানে :** fcô থেকে যত উপরে উঠা যায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মানও তত কমতে থাকে। এর ফলে fcô থেকে যত উঠা যায় ব¯‘র ওজনও তত কমতে থাকে। এই কারণে পাহাড় বা পর্বতশীর্ষে ব¯‘র ওজন কম হয়।

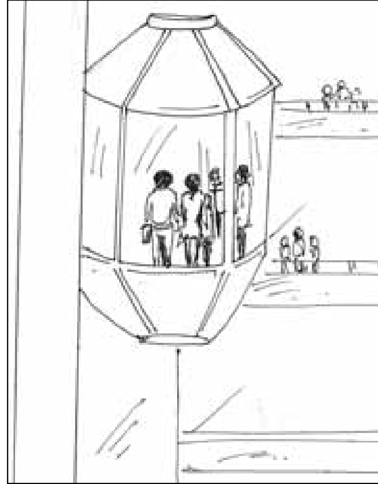
(গ) পৃথিবীর অভ্যন্তরে কোনো স্থানে : fcô থেকে যত নিচে যাওয়া যায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান ততই কমতে থাকে। এর ফলে পৃথিবীর যত অভ্যন্তরে যাওয়া যায় ব¯‘র ওজন তত কমতে থাকে। এ কারণে খনিতে কোনো ব¯‘র ওজন কম হয়। পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান শূন্য। সুতরাং পৃথিবীর কেন্দ্রে যদি কোনো ব¯‘কে নিয়ে যাওয়া যায়, তাহলে ব¯‘র উপর পৃথিবীর কোনো আকর্ষণ থাকবে না, অর্থাৎ ব¯‘র ওজন শূন্য হবে।

পাঠ ৭ ও ৮ : লিফটে ও মহাশূন্যে ওজনের তারতম্য : ওজনহীনতা

fc‡ôi কোনো একটি স্থানে g এর মান নির্দিষ্ট, ফলে সেখানে কোনো ব্যক্তির ওজনও নির্দিষ্ট। তা সত্ত্বেও সেখানে কোনো ব্যক্তির ওজনের ভিন্নতা অনুভব করতে পারেন এবং নিজেকে ওজনহীনও মনে করতে পারেন। আসলে ওজন আর ওজন অনুভব করা এক কথা নয়। পৃথিবীতে কোনো ব্যক্তির উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বল থাকবেই। ফলে তার ওজন থাকবেই কিন্তু তিনি সেই ওজন অনুভব করবেন কেবলমাত্র তখনই যখন তার ওজনের সমান ও বিপরীতমুখী কোনো প্রতিক্রিয়া বল তার উপর প্রযুক্ত হবে।

আমরা যখন লিফটে চড়ে উঁচু দালানে ওঠা-নামা করি তখন আমরা ওজনের তারতম্য অনুভব করি। আমরা যখন কোনো স্থির লিফটে দাঁড়াই তখন আমরা লিফটের মেঝের উপর আমাদের ওজনের সমান বল প্রয়োগ করি, লিফটও আমাদের উপর ওজনের সমান ও বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে−আমরা আমাদের ওজনের Aw¯ÍZ্ টের পাই। কিন্তু লিফট যদি উপরের দিকে উঠতে থাকে তখন w¯_র অবস্থান থেকে উপরের দিকে যাত্রা করায় লিফটটির উপরের দিকে একটি ত্বরণ সৃষ্টি হয় ফলে লিফটের সাপেক্ষে আমাদের ত্বরণ হয় g এর চেয়ে বেশি। এ বর্ধিত ত্বরণের জন্য আমরা

লিফটের উপর আমাদের ওজনের চেয়ে বেশি বল প্রয়োগ করি। তখন লিফটও আমাদের উপর বিপরীতমুখী যে প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে তা আমাদের ওজনের চেয়ে বেশি হয় এবং নিজেদেরকে ভারী অনুভব করি। কিন্তু এরপর লিফট যখন সমবেগে উপরের দিকে উঠতে থাকে তখন তার কোনো ত্বরণ থাকে না, ফলে আমরা আর ওজনের চেয়ে অতিরিক্ত বল অনুভব করি না, কেবল ওজনই অনুভব করি। অপরপক্ষে লিফট যখন নিচে নামতে শুরু করে তখন স্থির অবস্থান থেকে একটি ত্বরণ সৃষ্টি হয় এবং লিফটের সাপেক্ষে আমাদের ত্বরণ g এর চেয়ে কম হয়। এ কম ত্বরণ নিয়ে আমরা লিফটের উপর আমাদের ওজনের চেয়ে কম বল প্রয়োগ করি। ফলে, আমরা হালকা বোধ করি অর্থাৎ আমাদের ওজন কম মনে হয়। লিফট যদি মুক্তভাবে নিচে পড়ে অর্থাৎ, লিফটেরও যদি g ত্বরণ হয়, তবে লিফটের সাপেক্ষে আমাদের ত্বরণ হবে $(g - g)$ অর্থাৎ শূন্য। ফলে আমরা লিফটের উপর কোনো বল প্রয়োগ করব না। তখন লিফটও আমাদের ওজনের বিপরীতে আমাদের উপর কোনো প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করবে না এবং আমরা নিজেদেরকে ওজনহীন মনে করব। কোনো লিফটের কেবল বা দড়ি ছিঁড়ে গিয়ে লিফটটি যদি অভিকর্ষের প্রভাবে নিচে পড়ে তখন এ অবস্থার উদ্ভব হবে। এ অবস্থায় যদি লিফটের ছাদ থেকে ঝুলন্ত বা লিফটে দাঁড়ানো কোনো ব্যক্তির হাতে ধরা স্প্রিং নিক্তি থেকে একটি ব¯‘ ঝুলিয়ে দেওয়া হয়, তাহলে দেখা যাবে স্প্রিং নিক্তির কাঁটা শূন্য দাগে অবস্থান করছে। অর্থাৎ, ব¯‘টির ওজন শূন্য।



চিত্র ৭.২ : লিফট

মহাশূন্যযানের পৃথিবী বা চাঁদকে প্রদক্ষিণ করার ও লিফটের মুক্তভাবে নিচে পড়ার মধ্যে কোনো পার্থক্য নেই। মহাশূন্যচারীরা মহাশূন্যযানে করে পৃথিবীকে একটি নির্দিষ্ট D"PZvq বৃত্তাকার কক্ষপথে প্রদক্ষিণ করে থাকেন। এ বৃত্তাকার গতির জন্য মহাশূন্যযানের দেয়ালের সাপেক্ষে মহাশূন্যচারীর ত্বরণ kb¨ হয় এবং মহাশূন্যচারী মহাশূন্যযানের দেয়াল বা মেঝেতে কোনো বল প্রয়োগ করেন না। ফলে তিনি তার ওজনের বিপরীত কোনো প্রতিক্রিয়া বলও অনুভব করেন না। তাই তিনি ওজনহীনতা অনুভব করেন। এ অবস্থায় মহাশূন্যযান থেকে কোনো ব¯‘কে ছেড়ে দিলে পড়ে না, গ্লাসের পানি উপুড় করলেও পড়বে না অর্থাৎ সবকিছুই ওজনহীন মনে হবে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে কোনো কিছুই ওজনহীন হয় না, কেননা ঐ অবস্থানেও মহাশূন্যচারীর ভর আছে, ঐ স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ g আছে, ফলে পৃথিবীর আকর্ষণ তথা ওজন আছে। কেবল মহাশূন্যযান g ত্বরণে গতিশীল হওয়ার কারণে এ আপাতত ওজনহীনতার উদ্ভব n‡"Q| যদি ঐ স্থানে মহাশূন্যযান বৃত্তাকার পথে পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ না করে, কিংবা পৃথিবীর দিকে মুক্তভাবে না পড়ে স্থির দাঁড়িয়ে থাকে, তাহলে কিন্তু মহাশূন্যচারী অবশ্যই তাঁর ওজন টের পাবেন।

এ অধ্যায় পাঠ শেষে যা শিখলাম–

- এ মহাবিশ্বের যে কোনো দুটি ব¯‘র মধ্যে যে আকর্ষণ তাকে মহাকর্ষ বলে।
- মহাবিশ্বের প্রতিটি ব¯‘কণা একে অপরকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে এবং এ আকর্ষণ বলের মান ব¯‘কণাদ্বয়ের ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং এদের `i‡Zi বর্গের e¨¯ÍvbycvwZK| এ বল ব¯‘কণাদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।
- পৃথিবী এবং অন্য যে কোনো ব¯‘র মধ্যে যে আকর্ষণ তাকে অভিকর্ষজ বা মাধ্যাকর্ষণ বলে।
- মাধ্যাকর্ষণ বলের প্রভাবে f-c‡ô মুক্তভাবে পড়ন্ত কোনো ব¯‘র বেগ বৃদ্ধির হারকে মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণ বলে্
- অভিকর্ষজ ত্বরণ বা মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণ g-এর আদর্শ মান ৯.৮ মিটার/সেকেন্ড^{২}।
- ব¯‘র মধ্যে পদার্থের পরিমাণই n‡"Q এর ভর।
- কোনো ব¯‘কে পৃথিবী যে বল দ্বারা তার কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে তাকে ব¯‘র ওজন বলে।

অনুশীলনী

সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

১. দাড়িপাল্লায় মাপলে কোনো e¯‘i ভর পৃথিবী ও চাঁদে সমান হবে কেন? ব্যাখ্যা কর।

২. দুটি e¯‘i মধ্যবর্তী `iZ তিনগুণ বাড়ালে এদের আকর্ষণ বলের কী পরিবর্তন হবে এবং কেন পরিবর্তন হবে।

৩. ভর ও ওজনের মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ।

৪. পৃথিবীর মেরু AÂj ও বিষুব AÂ‡j একই e¯‘i ওজনে পার্থক্য দেখা যায় কেন।

৫. অভিকর্ষজ ত্বরণ বলতে কী বোঝায়।

বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১. ভরের একক কী?

ক. গ্রাম খ. কিলোগ্রাম

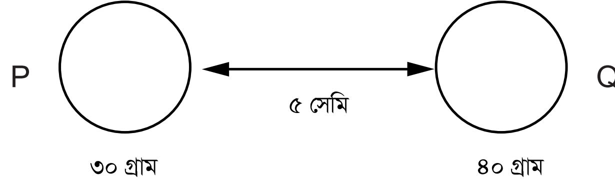
গ. কুইন্টাল ঘ. নিউটন

২. বস্তুর ভরের ক্ষেত্রে কোন বিবৃতিটি সঠিক?

ক. অবস্থানের পরিবর্তনে e¯Zi ভর পরিবর্তিত হয় খ. বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বলই ভর

গ. বস্তুর মধ্যে পদার্থের মোট পরিমাণই ভর ঘ. ভরের একক নিউটন

নিচের চিত্র হতে ৩ ও ৪ নম্বর প্রশ্নের উত্তর দাও



৩. P ও Q এর মধ্যকার আকর্ষণ বল নির্ভর করে-

i. বস্তু দুটির ভরের উপর

ii. মধ্যবর্তী দূরত্বের উপর

iii. মাধ্যমের প্রকৃতির উপর

নিচের কোনটি সঠিক?

ক. i ও ii   খ. i ও iii

গ. ii ও iii   ঘ. i, ii ও iii

৪. বস্তুদ্বয়ের ভরের গুণফল ৩৬০০ গ্রাম হলে বলের কী পরিবর্তন হবে?

ক. অর্ধেক হবে   খ. দ্বিগুণ হবে

গ. তিনগুণ হবে   ঘ. চারগুণ হবে

সৃজনশীল প্রশ্ন

১. নুহা তাদের বাসায় পাঁচতলার ছাদে উঠে ৫০ গ্রাম ভরের একটি পাথর এবং এক টুকরা কাগজ একই সাথে নিচে ফেলে দিল। মাটিতে দাঁড়ানো নুহার ছোট ভাই লক্ষ করল, পাথরটি কাগজের আগেই মাটিতে পৌঁছায়।

ক. অভিকর্ষ কী?

খ. অভিকর্ষজ ত্বরণ বলতে কী বুঝায়?

গ. পাথরটির ওজন নির্ণয় কর।

ঘ. পাথরটি আগেই মাটিতে পড়ার কারণ বিশ্লেষণ কর।

২. একটি e¯‘i ভর ১২০ কেজি। একটি রকেটে করে একে চাঁদে নিয়ে যাওয়া হলো। এতে দেখা গেল e¯‘wUi ভরের কোনো পরিবর্তন না ঘটলেও ওজনের পরিবর্তন ঘটল।

ক. ভর কাকে বলে?

খ. ভর ও ওজনের মধ্যে পার্থক্য কী।

গ. চাঁদে e¯ZwUi ওজন কত হবে নির্ণয় কর।

ঘ. চাঁদে e¯ZwUi ওজনের কী পরিবর্তন ঘটল ব্যাখ্যা কর।